

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

REC'D 03 NOV 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:** 103 34 854.9**Anmeldetag:** 29. Juli 2003**Anmelder/Inhaber:** Endress + Hauser GmbH+Co KG,
79689 Maulburg/DE**Bezeichnung:** Drucksensor**IPC:** G 01 L 19/14**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 8. Oktober 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schmidt C.

**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Drucksensor

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Drucksensor zum Erfassen eines Mediendrucks bzw. eines Mediendrucks. Insbesondere bei Drucksensoren die zur Druckmessung in aggressiven Chemikalien eingesetzt werden, erweist sich die Abdichtung zwischen der Druckmeßzelle und der Medienöffnung des Sensorgehäuse als problematisch, da die üblichen elastischen O-Ringe nicht bzw. nur mit Einschränkung verwendet werden können. Stattdessen kommen PTFE-Dichtungen zum Einsatz, wobei PTFE zwar die gewünschte chemische Stabilität aufweist, aber mechanisch Probleme mit sich bringt, da PTFE keine ausreichende Elastizität aufweist und unter Druck sogar fließt. Kathan et al. offenbaren in der Offenlegungsschrift DE 19628255 A1 ein Druckmeßgerät, bei dem eine ringförmige Flachdichtung aus PTFE zwischen der medienseitigen Stirnfläche der Druckmeßzelle und einer axialen Anschlagfläche des Sensorgehäuses axial eingespannt ist, wobei die axiale Anschlagfläche federelastische Eigenschaften aufweist. Dieser Lösungsansatz führt jedoch zu Temperaturhysteresefehlern, da der Wärmeausdehnungskoeffizient des Stahlgehäuses stark von dem der keramischen Meßzelle abweicht und sich unmittelbar auf die Meßmembran der Meßzelle auswirkt. Flügel et al. schaffen mit der Lehre der Offenlegungsschrift DE 101 06 129 A1 in gewissem Maße Abhilfe, denn der dort vorgeschlagene Sensor weist im Bereich der Medienöffnung des Gehäuses einen vergleichsweise massiven Kovarring auf, der die axiale Anschlagfläche trägt, wodurch eine Annäherung des effektiven Wärmeausdehnungskoeffizienten der axialen Anschlagfläche bewirkt werden soll. Wenngleich dies die gewünschte Annäherung der Wärmeausdehnungskoeffizienten erreicht wird, sind nun Temperaturspannungen zwischen den Stahlteilen des Gehäuses und dem Kovarring zu erwarten, welche noch auf die Meßzelle rückwirken können.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Drucksensor bereitzustellen, der die genannten Nachteile des Stands der Technik überwindet. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch den Drucksensor gemäß des unabhängigen Anspruchs 1.

Der erfindungsgemäße Drucksensor umfaßt eine Druckmeßzelle mit einer mit dem Medium beaufschlagbaren Stirnfläche; ein Gehäuse mit einer Medienöffnung und eine ringförmige axiale Anschlagfläche, welche die Medienöffnung umschließt; eine Einspannvorrichtung; und eine ringförmige Dichtungsanordnung, wobei die Druckmeßzelle in dem Gehäuse und die Dichtungsanordnung zwischen der Anschlagfläche und der Stirnfläche positioniert ist, und die Dichtungsanordnung sowie die Druckmeßzelle zwischen der Anschlagfläche und der Einspannvorrichtung axial eingespannt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Dichtungsanordnung einen Entkopplungsring sowie ein erstes und ein zweites ringförmiges Dichtelement umfasst, das erste Dichtelement an der Stirnfläche anliegt, das zweite Dichtelement an der Anschlagfläche anliegt, und der Entkopplungsring zwischen dem ersten und dem zweiten Dichtelement axial eingespannt ist.

Der Begriff „ringförmig“ bezieht sich im vorliegenden Zusammenhang nicht nur auf 5 Kreisringe, sondern auf jegliche in sich geschlossenen Pfade um eine Öffnung. Diese können u.a. auch einen ovalen, rechteckigen, hexagonalen, oder einen beliebigen anderen polygonalen Verlauf aufweisen.

Die Druckmeßzelle kann einen Grundkörper und eine Meßmembran aus einem 20 ersten Material aufweisen, welches beispielsweise eine Keramik, insbesondere Korund, oder ein kristallines Material sein kann. Der Entkopplungsring sollte vorzugsweise aus einem Material gefertigt sein, dessen mechanische und/oder thermische Eigenschaften denen des ersten Materials weitgehend annähert bzw. gleicht. Dies kann beispielsweise dadurch erzielt werden, daß der Entkopplungsring 25 ebenfalls aus dem erste Material gefertigt ist.

Der Entkopplungsring ist vorzugsweise so gestaltet, daß radiale Kräfte, die zwischen dem Entkopplungsring und der axialen Anschlagfläche aufgrund von Wärmeausdehnungsunterschieden auftreten können, allenfalls zu 30 vernachlässigbaren Verformungen des Entkopplungsringes führen. Dies kann beispielsweise durch eine gewisse Steifigkeit erzielt werden und andererseits, durch die Verwendung eines Entkopplungsringes mit zwei planparallelen Stirnflächen. Auf

diese Weise können Wärmeausdehnungsunterschiede zwischen der axialen Anschlagfläche und dem Entkopplungsring im wesentlichen ausschließlich zu Scherkräften führen, die weitestgehend durch Verformungen des zweiten Dichtungselementes abgebaut werden.

Dessen ungeachtet können die Stirnflächen Vorsprünge und/oder Aussparungen, aufweisen, die beispielsweise ringförmig gestaltet sind, um das Fließen der Dichtungselemente unter Last zu begrenzen. Dies ist insbesondere dann zu erwägen, wenn das erste und/oder das zweite Dichtelement ein Material wie PTFE, insbesondere in Form einer Flachdichtung aufweisen. In einigen Fällen kann es auch geboten sein, O-Ringe als die Dichtungselemente einzusetzen. In diesem Fall sollte zumindest jeweils eine der Stirnflächen, zwischen denen die O-Ringe eingespannt sind, die erforderliche Gestalt eines O-Ring-Betts aufweisen.

- 15 In einer derzeit bevorzugten Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Drucksensor weist die Einspannvorrichtung und/oder das Gehäuse ein axial elastisches Element auf. Dieses axial elastische Element kann u.a. eine Tellerfeder sein, die beispielsweise die axiale Anschlagfläche bildet bzw. in diese integriert ist, eine Wellrohrmembran, welche in die Medienöffnung integriert ist, sowie eine Feder, z.B.
- 20 eine Schraubenfeder oder eine Tellerfeder, die zwischen der Rückseite der Druckmeßzelle und einem Einspannring axial eingespannt ist.

Das elastische Element gewährleistet ein solches Maß an Elastizität, daß die Dichtungselemente bei Druckschwankungen und Druckstößen des Mediums sowie

25 bei Temperaturschwankungen des Drucksensors nur solchen Schwankungen des axialen Einspanndrucks ausgesetzt sind, daß die Dichtungswirkung nicht beeinträchtigt ist. Zudem dient das elastische Element dazu, das Setzen bzw. die plastische Verformung der Dichtungselemente unter Last zu kompensieren. Die Elastizität ist vorzugsweise solchermaßen ausgelegt, daß der axiale Einspanndruck

30 auf das erste und das zweite Dichtungselement über Temperaturzyklen zwischen – 40°C und 150°C um nicht mehr als 50% weiter vorzugsweise um nicht mehr als

25% und besonders bevorzugt um nicht mehr als 12% des maximal auftretenden Einspanndrucks schwankt.

Weiterhin ist es derzeit bevorzugt, daß der axiale Einspanndruck auf das erste und das zweite Dichtungselement über Temperaturzyklen zwischen -40°C und 150°C nicht unter 0,8 MPa vorzugsweise um nicht unter 0,9 MPa und besonders bevorzugt nicht unter 1 MPa sinkt. Die Erfindung wird nun anhand der beigegeführten Zeichnungen beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1: einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Drucksensors;

Fig. 2: einen Längsschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Drucksensors;

Fig. 3: einen Längsschnitt durch ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Drucksensors;

Fig. 4: einen Längsschnitt durch ein viertes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Drucksensors; und

Fig. 5: einen Längsschnitt durch ein fünftes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Drucksensors.

Der in Fign 1-4 gezeigte Drucksensor umfaßt eine zylindrische keramische Druckmeßzelle, beispielsweise aus Korund, die nach dem kapazitiven Meßprinzip arbeitet. Selbstverständlich können auch beliebige andere Druckmeßzellen zum Einsatz kommen, beispielsweise mit druckabhängigen Resonatoren oder Widerständen. Die Druckmeßzellen sind in den dargestellten Ausführungsbeispielen jeweils mit unterschiedlichen Varianten in einem Gehäuse axial eingespannt.

Der in Fig. 1 gezeigte erfindungsgemäße Drucksensor umfaßt eine Druckmeßzelle mit einem Grundkörper 10 und einer Meßmembran 11. Die Druckmeßzelle ist in einem Gehäuse 20 angeordnet, wobei das Gehäuse 20 eine Medienöffnung 21 aufweist, durch welche die Meßmembran 11 der Druckmeßzelle mit dem Mediendruck beaufschlagbar ist. Das Gehäuse 22 weist einen metallischen Werkstoff auf, der vorzugsweise korrosionsbeständig ist, beispielsweise Edelstahl. Das Gehäuse 20 umfaßt eine ringförmige, sich radial einwärts erstreckende Schulter, welche die Medienöffnung umgibt, und welche eine axiale Anschlagfläche 22 definiert. Die ringförmige Schulter weist Eigenschaften einer Tellerfeder auf, so daß die axiale Anschlagfläche 22 axial elastisch ist. Zwischen dem Gehäuse ist ein Schraubring 23 angeordnet, der auf seiner äußeren Mantelfläche ein Gewinde aufweist, welches in ein Innengewinde an der Wand des Gehäuse 20 eingreift. Die Druckmeßzelle ist rückseitig mit dem Schraubring 23 eingespannt, wobei die Druckmeßzelle mit der Meßmembran 11 gegen eine ringförmige Dichtungsanordnung 30 drückt, so daß die Dichtungsanordnung 30 zwischen der Meßmembran 11 und der axialen Anschlagfläche 22 derart axial eingespannt ist, daß der Innenraum des Gehäuses gegen die Medienöffnung 21 abgedichtet ist. Aufgrund der Elastizität der axialen Anschlagfläche 22 können bei Temperaturschwankungen die unterschiedlichen Längenänderungen von Druckmeßzelle und Gehäuse ohne unvertretbare Schwankungen der axialen Einspannkräfte ausgeglichen werden. Vorzugsweise ermöglicht die axiale Elastizität auch den Ausgleich von ggf. auftretende Unebenheiten der Funktionsflächen, d.h. der Flächen zwischen denen die Dichtungselemente eingespannt sind.

Die Dichtungsanordnung 30 umfaßt im wesentlichen einen Entkopplungsring 33, der einen keramischen Werkstoff, insbesondere Korund, aufweist. Der Entkopplungsring 30 umfaßt vorzugsweise zwei planparallele Stirnflächen 31, 32, mittels derer ein erstes ringförmiges Dichtelement 31 und ein zweites ringförmiges Dichtelement 32 gegen die Druckmeßzelle bzw. gegen die axiale Anschlagfläche 22 gedrückt werden. Die Stirnflächen können Strukturelemente aufweisen, um die radiale Bewegung der Dichtelemente 31, 32, insbesondere das Kaltfließen von PTFE-Dichtelementen unter Druck, zu begrenzen. Als Dichtelemente werden derzeit Flachdichtungen,

insbesondere Flachdichtungen aus PTFE bevorzugt. Vorzugsweise beträgt die radiale Erstreckung der Flachdichtung, also der Abstand zwischen dem Innenradius und dem Außenradius, mehr als das zehnfache der Materialstärke der Flachdichtung in axialer Richtung.

5

Die Einspannkraft ist für PTFE-Flachdichtungen beispielsweise so bemessen daß über den gesamten Temperaturbereich des Drucksensors der axiale Einspanndruck 0,8 MPa, bevorzugt 0,9 MPa und besonders bevorzugt 1 MPa nicht unterschreitet.

15

Die Druckmeßzelle in Fig. 1 weist zusätzlich eine rückseitige Versteifungsplatte 13 und einen rückseitigen Versteifungsring 12 auf, der zwischen dem Grundkörper 10 und der Versteifungsplatte angeordnet ist. Die axialen Einspannkkräfte werden von dem Schraubring 23 über die rückseitige Versteifungsplatte 13 und den rückseitigen Versteifungsring 12 auf den Grundkörper 10 der Druckmeßzelle übertragen. Wenngleich mit dieser Konstruktion radiale Verformungen im Membranbereich aufgrund von axialen Einspannkkräften und Hysteresefehler aufgrund der Abstützung mit dem Schraubring vermindert werden können, so sind die Versteifungsplatte und der Versteifungsring nicht zwingend erforderlich zur Umsetzung der vorliegenden Erfindung. Einzelheiten zur Versteifungsplatte sind in der unveröffentlichten Patenansmeldung 10243079 der gleichen Anmelderin offenbart.

20

25

Beim in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel, welches im wesentlichen den zuvor erläuterten Konstruktionsprinzipien folgt, sind die folgenden Abweichungen zum Drucksensor aus Fig. 1 zu erwähnen.

30

Der Drucksensor weist ein Gehäuse 120 mit einer axial steifen, sich radial einwärts erstreckenden Schulter auf, welche eine Medienöffnung 121 begrenzt. An der Schulter ist eine axiale Anschlagfläche 122 ausgebildet, gegen die eine Druckmeßzelle mit einem Grundkörper 10 und einer Meßmembran 11 mittels eines Einschraubings 123 axial eingespannt ist. Eine Dichtungsanordnung 30 ist wie zuvor

beschrieben zwischen der Druckmeßzelle und der axialen Anschlagfläche 122 eingespannt.

Die axiale Elastizität zur Gewährleistung einer hinreichend konstanten Einspannkraft ist in diesem Fall durch ein elastisches Element, beispielsweise einen Federring 124 oder eine Tellerfeder, gewährleistet, wobei das elastische Element zwischen der Rückseite der Druckmeßzelle und dem Schraubring 123 eingespannt ist. Bei der Dimensionierung des elastischen Elementes ist darauf zu achten, daß das elastische Element Überlastdruckstöße zu halten hat, ohne daß die Dichtungen übermäßig entlastet werden.

Das Ausführungsbeispiel aus Fig. 3 umfaßt ein Gehäuse 220, mit einer Medienöffnung 221, welche durch eine Wellrohrmembran 224 begrenzt ist. Die Wellrohrmembran 224 ist mit ihrem ersten Ende an dem Gehäuse 220 druckdicht befestigt und sie trägt an ihrem zweiten Ende einen Ringkörper, welcher eine axiale Anschlagfläche 222 aufweist. Eine Druckmeßzelle ist zwischen einem Einschraubring 223 und der axialen Anschlagfläche 222 axial eingespannt, wobei wie zuvor beschrieben zwischen der Meßmembran 11 der Druckmeßzelle und der axialen Anschlagfläche 222 eine Dichtungsanordnung 30 angeordnet ist. Die Wellrohrmembran 224 ist so zu dimensionieren, daß sie den erforderlichen axialen Anpreßdruck für alle Betriebstemperaturen und Mediendruckwerte gewährleistet. Zudem kann die Wellrohrmembran so ausgestaltet werden, daß der axiale Einspanndruck bei sich ändernden Betriebsdrücken annähernd konstant bleibt.

Fig. 4 zeigt schließlich eine Variante, bei der ein Gehäuse 320 eine Medienöffnung 321 aufweist, die durch einen frontseitigen Einspannring 326 mit einer frontseitigen axialen Anschlagfläche 322 begrenzt ist. Der frontseitige Einspannring 326 weist mehrere Zugbolzen auf, die über die Ringfläche in gleichmäßigen Abständen angeordnet sind und durch entsprechende Öffnungen des Gehäuses 320 zur Rückseite des Gehäuses verlaufen. Dort sind die Zugbolzen 325 mit Muttern 323 gesichert, um die Druckmeßzelle zwischen einer rückseitigen axialen Anschlagfläche 328 im Gehäuse 320 der frontseitigen axialen Anschlagfläche 322 einzuspannen.

Zur Gewährleistung hinreichender Elastizität kann einerseits ein axial elastischer Federring 324 an der Rückseite des Gehäuses vorgesehen sein. Andererseits, kann, der frontseitige Einspannring 326 ringförmige Aussparungen 327 aufweisen, um über eine kontrollierte Materialschwächung eine axiale Elastizität zu erzielen.

- 5 Selbstverständlich sind die beiden Alternativen einzeln oder wie gezeigt in Kombination verwendbar.

Das in Fig. 5 gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich folgendermaßen vom Ausführungsbeispiel aus Fig. 1. Zwischen der Versteifungsplatte 13 auf der Rückseite der Druckmeßzelle und dem Schraubring 15 ist noch ein Kompensationsring 15 axial eingespannt. Der Kompensationsring ist aus einem Material gefertigt, daß einen größeren Wärmeausdehnungsunterschied aufweist als das Edelstahlgehäuse 20. Auf diese Weise können Unterschiede zwischen der Längenausdehnung der keramischen Druckmeßzelle und dem Gehäuse bei

15 Temperaturschwankungen ganz oder teilweise ausgeglichen werden. Geeignete Materialien für den Kompensationsring sind beispielsweise Al, Mg, Zn, und andere Materialien, deren Wärmeausdehnungskoeffizient deutlich größer ist als der von dem Material des Gehäuses 10. Diese Ausgestaltung kann ggf. die Anforderungen an die axiale Elastizität der Anschlagflächen abmildern.

Patentansprüche**1. Drucksensor zum Erfassen eines Mediendrucks, umfassend:**

5 eine Druckmeßzelle mit einer mit dem Medium beaufschlagbaren Stirnfläche;

ein Gehäuse mit einer Medienöffnung und eine ringförmige axiale Anschlagfläche, welche die Medienöffnung umschließt;

eine Einspannvorrichtung; und

eine ringförmige Dichtungsanordnung, wobei

15 die Druckmeßzelle in dem Gehäuse und die Dichtungsanordnung zwischen der Anschlagfläche und der Stirnfläche positioniert ist, und die Dichtungsanordnung sowie die Druckmeßzelle zwischen der Anschlagfläche und der Einspannvorrichtung axial eingespannt sind, dadurch gekennzeichnet, daß

20 die Dichtungsanordnung einen Entkopplungsring sowie ein erstes und ein zweites ringförmiges Dichtelement umfasst, das erste Dichtelement an der Stirnfläche anliegt, das zweite Dichtelement an der Anschlagfläche anliegt, und der Entkopplungsring zwischen dem ersten und dem zweiten Dichtelement axial eingespannt ist.

25

2. Drucksensor nach Anspruch 1, wobei die Druckmeßzelle einen Grundkörper und eine Meßmembran aus einem ersten Material aufweisen und der Entkopplungsring ein zweites Material aufweist, wobei die mechanischen und/oder thermischen Eigenschaften des ersten Materials denen des zweiten Materials gleichen.

30

3. Drucksensor nach Anspruch 2, wobei das erste Material und das zweite Material gleich sind.
4. Drucksensor nach einem der Ansprüche 2 oder 3, wobei das erste Material eine Keramik, insbesondere Korund, oder ein kristallines Material umfaßt.
5. Drucksensor nach einem der Ansprüche vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste und/oder das zweite Dichtelement ein inertes Material, insbesondere PTFE umfassen.
6. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Entkopplungsring in axialer richtung durch zwei planparallele Stirnflächen begrenzt ist.
7. Drucksensor nach Anspruch 6, wobei die Stirnflächen ringförmige Vorsprünge und/oder Aussparungen aufweisen.
8. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einspannvorrichtung und/oder das Gehäuse ein axial elastisches Element umfaßt.
9. Drucksensor nach Anspruch 8, wobei der axiale Einspanndruck auf das erste und das zweite Dichtungselement über Temperaturzyklen zwischen -40°C und 150°C um nicht mehr als 40% vorzugsweise um nicht mehr als 20% und besonders bevorzugt um nicht mehr als 10% des maximal auftretenden Einspanndrucks schwankt.
10. Drucksensor nach Anspruch 8 oder 9, wobei der axiale Einspanndruck auf das erste und das zweite Dichtungselement über Temperaturzyklen zwischen -40°C und 150°C nicht unter 0,8 MPa vorzugsweise um nicht unter 0,9 MPa und besonders bevorzugt nicht unter 1 MPa sinkt.

11. Drucksensor nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei das elastische Element eine Tellerfeder umfaßt, welche die axiale Anschlagfläche aufweist.

5 12. Drucksensor nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei das elastische Element als axial flexible Wellrohrmembran ausgebildet ist, welche die Medienöffnung umschließt, wobei die Wellrohrmembran an einem ersten axialen Ende die axiale Anschlagfläche aufweist und an einem Prozeßanschluß und an einem zweiten Ende druckdicht mit dem Gehäuse verbunden ist.

13. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend einen Kompensationsring, der zusammen mit der Druckmeßzelle axial eingespannt ist, wobei der Kompensationsring einen größeren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist als das Material des Gehäuses, und die Druckmeßzelle einen kleineren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist als das Material des Gehäuses.

14. Drucksensor nach Anspruch 13, wobei der Kompensationsring, Zink, Magnesium oder Aluminium aufweist.

Zusammenfassung

Ein Drucksensor umfaßt, eine Druckmeßzelle mit einer mit dem Medium beaufschlagbaren Stirnfläche; ein Gehäuse 20 mit einer Medienöffnung 21 und eine
5 ringförmige axiale Anschlagfläche 22, welche die Medienöffnung 21 umschließt; eine Einspannvorrichtung 23; und eine ringförmige Dichtungsanordnung 30, wobei die Druckmeßzelle in dem Gehäuse und die Dichtungsanordnung zwischen der Anschlagfläche und der Stirnfläche positioniert ist, und die Dichtungsanordnung 30 sowie die Druckmeßzelle zwischen der Anschlagfläche 22 und der
Einspannvorrichtung 23 axial eingespannt sind. Die Dichtungsanordnung 30 umfasst erfindungsgemäß einen Entkopplungsring 33 sowie ein erstes 31 und ein zweites 32 ringförmiges Dichtelement, wobei das erste Dichtelement an der Stirnfläche anliegt, das zweite Dichtelement an der Anschlagfläche anliegt, und der Entkopplungsring zwischen dem ersten und dem zweiten Dichtelement axial eingespannt ist.

15

(Fig. 1)

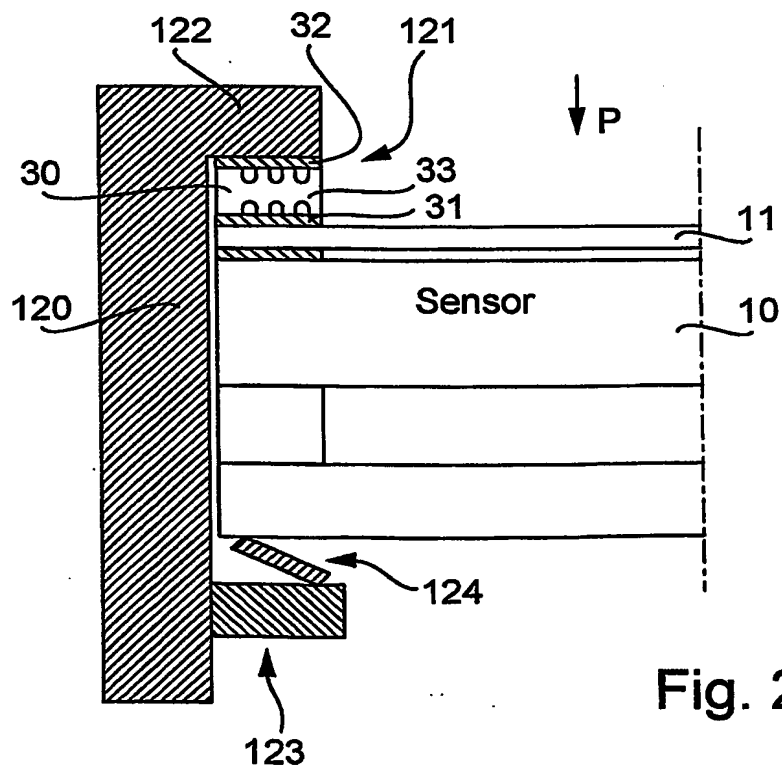


Fig. 3

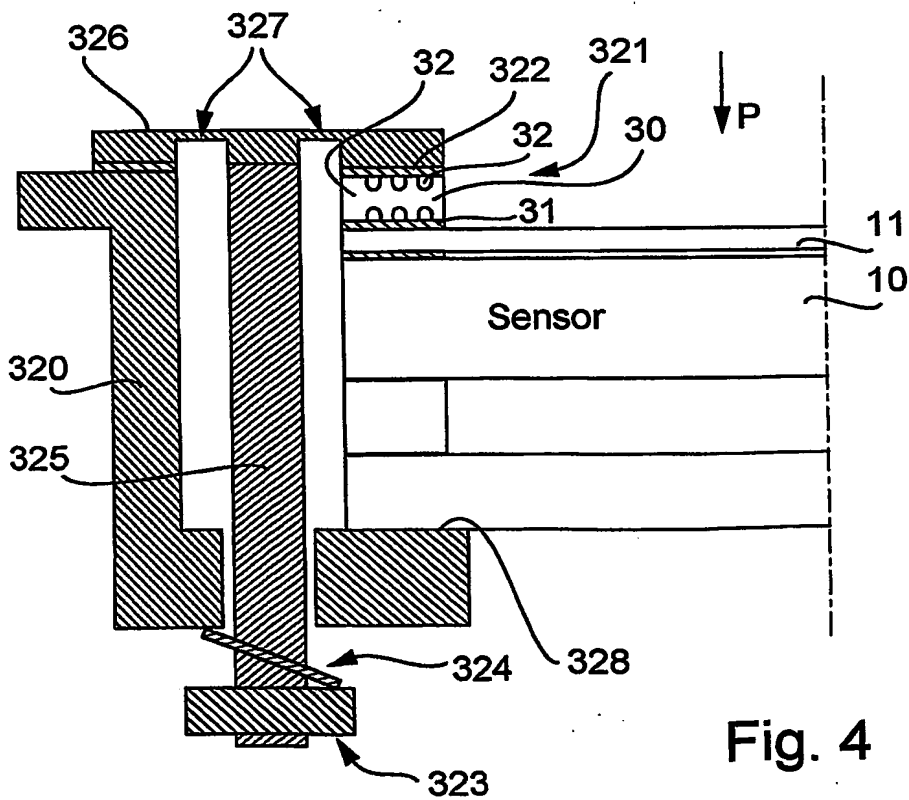
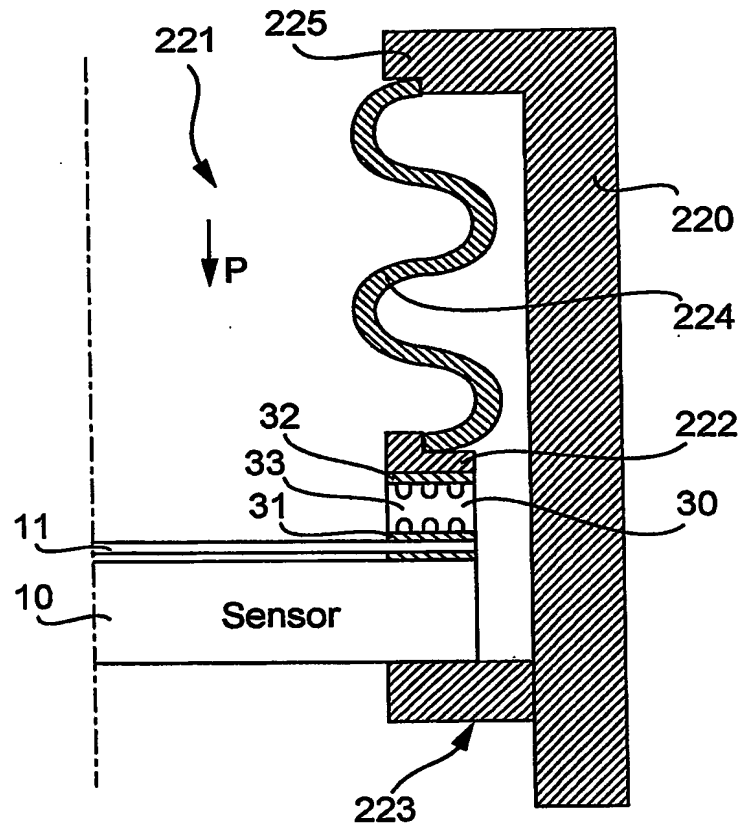


Fig. 4

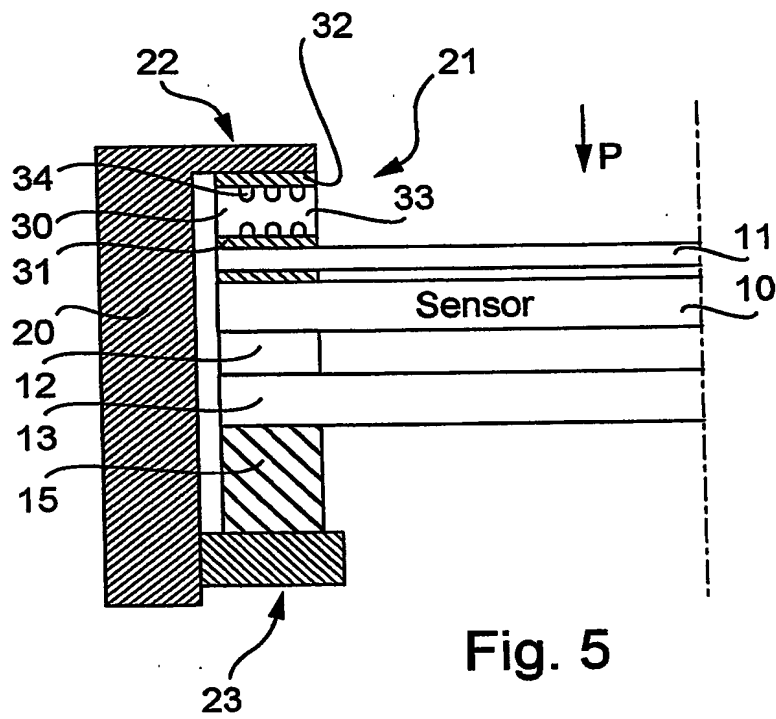


Fig. 5